Options de l'aménagement des peupliers au moyen du feu ou de la coupe

M.G. Weber
Institut forestier national de Petawawa • Rapport d'information PI-X-100F

Forêts Canada Forestry Canada

Canada

INSTITUT FORESTIER NATIONAL DE PETAWAWA

Le mandat de l'Institut forestier national de Petawawa, comme celui des autres établissements de Forêts Canada, est de promouvoir une meilleure gestion et une utilisation plus rationnelle des ressources forestières du Canada, pour le bien économique et social de tous les Canadiens. Les objectifs des activités des programmes menés à l'Institut appuient ce mandat à travers la découverte, le développement, la démonstration, l'application et le transfert des innovations. En tant qu'institut national, il doit s'attacher à des problèmes qui débordent le cadre régional ou qui nécessitent des compétences particulières de même qu'un équipement non disponible aux installations régionales de Forêts Canada. La plupart du temps, les recherches sont effectuées en étroite collaboration avec le personnel des centres régionaux, des services forestiers des provinces et de l'industrie forestière.

Les travaux de recherche et les services techniques de l'Institut sont regroupés autour de cinq principales activités:

GÉNÉTIQUE FORESTIÈRE ET BIOTECHNOLOGIE — Ce programme encadre des études sur la génétique forestière, la microbiologie, la micropropagation, la génétique moléculaire et la recherche sur les semences. Il comprend également les services à la clientèle et la banque de semences du Centre national de semences forestières. Lié à plusieurs organismes internationaux, ce centre existe depuis longtemps.

SYSTÈMES D'AMÉNAGEMENT FORESTIER — Ce programme intègre en recherche et développement des opérations concernant les incendies de forêt, la télédétection, la météorologie, la modélisation, la croissance, la récolte et le RIMA. Il permet ainsi l'élaboration et la démonstration de systèmes d'aménagement forestier.

STATISTIQUES NATIONALES SUR LES RESSOURCES FORESTIÈRES — Ce programme fournit les renseignements biologiques, techniques et socio-économiques sur les ressources forestières du Canada. Il vise le développement des bases de données et l'établissement de nouveaux logiciels et bases de données pour aider à l'élaboration des politiques forestières. Le Programme d'inventaire forestier recueille l'information sur les forêts au niveau national, maintient le Système sur les ressources forestières canadiennes et prépare l'inventaire des forêts du Canada.

COMMUNICATIONS — Ce programme regroupe les services offerts par la bibliothèque, les travaux touchant la sensibilisation du public, les renseignements, la rédaction-révision et les publications. L'Institut reçoit plus de 20 000 visiteurs chaque année. Le Centre d'accueil, des visites autoguidées et un programme éducatif complet sont ouverts à tous. C'est à l'IFNP que l'on trouve l'entrepôt et le centre de distribution national de toutes les publications scientifiques de Forêts Canada.

LA FORÊT EXPÉRIMENTALE — Outre des peuplements naturels où l'on applique divers traitements dans le cadre des plans de recherche en sylviculture, la Forêt de Petawawa, mesurant 100 km^2, comprend de vastes superficies de plantations âgées de plus de 60 ans. Les plantations expérimentales livrent des données sur la croissance et la récolte à la suite des expériences de culture. Elles fournissent aussi du matériel génétique dont le lignage est répertorié et qui se révèlent de plus en plus utiles pour les études sur la micropropagation et la génétique moléculaire. C'est un lieu par excellence pour mettre à l'essai des stratégies d'aménagement forestier à court et à long termes.

92-04884/

OPTIONS DE L'AMÉNAGEMENT DES PEUPLIERS AU MOYEN DU FEU OU DE LA COUPE

M.G. Weber

Rapport d'information PI-X-100F
Institut forestier national de Petawawa
Forêts Canada
1991

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada, 1991
N° de catalogue Fo46-11/100-1991F
ISBN 0-662-96850-6
ISSN 0228-0736
Imprimé au Canada

Il est possible d'obtenir sans frais des exemplaires de cette publication en communiquant avec :

Forêts Canada
Centre national de diffusion
Institut forestier national de Petawawa
Chalk River (Ontario)
K0J 1J0

Téléphone : 613-589-2880

Des copies ou des microfiches de cette publication sont en vente à l'adresse suivante :

Micromédia Ltée
Place du Portage
165, rue Hôtel-de-Ville
Hull (Québec)
J8X 3X2

This publication is also available in English under the title
Aspen management options using fire or cutting.

DONNÉES DE CATALOGAGE AVANT PUBLICATION (CANADA)

Weber, M.G. (Michael Gunter), 1949-

Options de l'aménagement des peupliers au moyen du feu ou de la coupe

(Rapport d'information, ISSN 0228-1736 ; PI-X-100)
Publ. aussi en anglais sous le titre : Aspen management options using fire or cutting.
Comprend un résumé en anglais.
Comprend des références bibliographiques.
ISBN 0-662-96850-6
N° de cat. MAS Fo46-11/100-1991F

1. Peuplier -- Écologie. 2. Forêts -- Gestion -- Ontario. I. Institut forestier national de Petawawa. II. Titre. III. Coll.: Rapport d'information (Institut forestier national de Petawawa) ; PI-X-100F.

SD397.A7W4214 1991 634.9'723 C92-099516-0

Tables des matières

v Résumé/Abstract

1 Introduction

1 Emplacement de l'étude

1 Matériel et méthodes

2 Résultats et discussion
2 Répercussions sur les sols
3 Répercussions sur la respiration du sol
3 Réaction du peuplier
7 Dépôt de la litière
9 Effets sur la faune

10 Synopsis

10 Remerciements

10 Auteurs cités

Tableaux

2 1. Conditions de combustion et paramètres du comportement du feu lors des jours du traitement.
4 2. Progression de la production du gaz carbonique en cas de cinq traitements pour trois saisons de croissance.
6 3. Tiges de drageons et teneur en éléments nutritifs après trois saisons de croissance sur les terrains traités par coupe et brûlage.
7 4. Évolution de la masse de dépôt de la litière (kg/ha).
9 5. Teneur en éléments nutritifs des rameaux et masse, en cas de trois traitements.

Figures

5 1. Hauteur des drageons de peuplier, diamètre à la base et nombre de tiges, en cas de traitement par coupe ou brûlage. Veuillez noter l'absence de drageons sur les terrains témoins (d'après Weber 1990a).
5 2. Développement des drageons sur les terrains où le traitement de coupe a été pratiqué lors de la première saison de croissance. La reproduction végétative est plus vigoureuse en cas de la coupe avant le débourrement (partie gauche) qu'en cas de la coupe après le débourrement (partie droite).
6 3. Tiges de drageons de peuplier et biomasse de feuilles après trois saisons de croissance sur les terrains traités par coupe et brûlage.
7 4. Noircissement du cambium (flèche) sur une des parcelles brûlées, manifesté pendant la première saison de croissance après le brûlage. Ce noircissement signifie aussi la mort imminente de l'arbre. Le feuillage de l'étage supérieur paraît encore sain.
8 5a. À la fin de la deuxième saison de croissance après le brûlage, la dégradation du peuplement est bien engagée. La plus grande partie de la matière morte ne jonche pas encore le sol.
8 5b. À la fin de la troisième saison de croissance, après la chute du couvert résiduel, tout ce dernier jonche le sol. Il n'y a presque pas de drageonnement.

RÉSUMÉ

On a surveillé la multiplication végétative, la biomasse ainsi que la teneur en éléments nutritifs (y compris en oligo-éléments) du feuillage et des tiges de même que la teneur en éléments nutritifs du sol, la respiration de ce dernier, le dépôt de la litière et la production de broutilles pour l'hiver dans des écosystèmes à jeunes peupliers de 20 ans(*Populus tremuloides* Michx., *Populus grandidentata* Michx.) de l'est de l'Ontario, qui avaient été traités comme suit : brûlage à faible intensité avant le débourrement, brûlage après ce dernier, coupe avant et après le débourrement. Un écosystème non traité a servi de témoin.

Trois ans après le traitement, on a observé le nombre maximal de drageons à l'hectare (12 000) dans les parcelles coupées avant le débourrement, puis, dans l'ordre décroissant, dans les parcelles coupées après (9 000), les parcelles brûlées après (4 000) et les parcelles brûlées avant (2 000). Il n'y a pas eu de drageonnement dans les parcelles témoins. La biomasse aérienne et les éléments nutritifs, la production de broutilles pour l'hiver et le dépôt de la litière ont constamment reflété l'évolution de la densité des drageons sur les parcelles coupées et la dégradation des peuplements traités par le feu. Le brûlage, particulièrement avant le débourrement, a réduit le peuplier à une proportion mineure de la station. D'autre part, la coupe avant le débourrement donne les résultats les plus satisfaisants si la reproduction vigoureuse du peuplier reste l'objectif de l'aménagement.

Les mesures des éléments nutritifs ainsi que de la respiration du sol ont montré que les processus déterminants des écosystèmes sont rapidement revenus à leur intensité d'avant le traitement. Ainsi se trouve confirmée notre hypothèse des peupleraies qui résistent aux perturbations causées soit par l'intervention de l'homme, soit par les phénomènes naturels périodiques.

ABSTRACT

Vegetative reproduction, leaf and stem biomass and nutrient pools, soil nutrient pools, soil respiration, litterfall, and winter forage (twig) production were monitored in eastern Ontario immature (20 yrs) aspen (*Populus tremuloides* Michx., *Populus grandidentata* Michx.) ecosystems which had been treated as follows: low intensity burning before, burning after, cutting before, and cutting after spring leaf flush. An untreated control was set aside for comparison.

Three years after treatment the greatest numbers of stems per ha were produced through suckering on the pre-flush cutting plots (12 000) followed in decreasing order by post-flush cut (9000), post-flush burn (4000), and pre-flush burn (2000). No suckering was observed on control plots. Aboveground biomass and nutrient pools, winter browse production, and litterfall patterns consistently reflected sucker stem density trends on the cuts and stand break-up on the burning treatments. The burning treatments reduced aspen to a minor component of the site, particularly on the pre-flush burn. The pre-flush cutting treatment, on the other hand, is representative of the most desirable outcome if vigorous aspen reproduction is the management objective.

Substrate nutrient and soil respiration measurements indicated that rates of key ecosystem processes returned rapidly to pre-disturbance levels. This supports our understanding of aspen as a resilient forest ecosystem in the presence of periodic human or natural intervention.

INTRODUCTION

Le présent rapport s'adresse aux aménagistes du peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides* Michx.). Traditionnellement, le faux-tremble a été exploité à une ou à plusieurs fins. La stratégie d'aménagement la plus évidente consiste à assurer la présence continue de l'essence dans la station. Une autre stratégie pourrait être la création d'une ou de plusieurs classes d'âge, en vue de l'aménagement de la faune, tandis qu'une autre pourrait comporter la transformation des stations, dans le dessein de supprimer l'essence. Quel que soit l'objectif, il faut tenir compte de l'autécologie et de la physiologie de l'essence, si l'on recherche la réussite du parti retenu. L'une des principales caractéristiques physiologiques sur laquelle on peut le mieux influer est la capacité de drageonnement. Pour l'étude, on a appliqué les connaissances actuelles de la physiologie de l'essence à son aménagement (DeByle et Winokur, 1985). C'est à l'aménagiste de choisir le ou les traitements qui coïncident le mieux avec les lignes directrices opérationnelles de l'aménagement de sa forêt.

La stratégie expérimentale procède du choix du moment de la coupe ou du brûlage par rapport au débourrement, qui, selon ce qu'on en sait (Schier, 1976; Schier et Smith, 1979), fait charnière : avant ou en tout moment au cours du repos végétatif, les réserves nutritives et énergétiques sont cantonnées dans le chevelu racinaire. Après le débourrement, ces réserves sont transportées des racines vers les tissus où s'accomplit la photosynthèse. On peut alors s'attendre à ce que le pouvoir de récupération des arbres aux perturbations soit diminué.

L'objet du présent rapport est de montrer à l'aménagiste chargé d'administrer les usages polyvalents du faux-tremble des partis d'aménagement réalistes qui permettent un développement durable de la ressource. Les divers usages et ressources dont on a tenu compte comprennent l'approvisionnement en bois, le maintien de l'habitat faunique, la préservation des valeurs esthétiques et la transformation du couvert de faux-trembles en d'autres types de couverts sans compromettre la qualité à long terme des stations, comme en témoignent les processus déterminants de l'écosystème.

EMPLACEMENT DE L'ÉTUDE

Il s'agit de la Forêt expérimentale de Petawawa, qui, selon le classement établi par Rowe (1972), fait partie de la Section forestière (L.4c) du Centre de l'Outaouais de la région forestière des Grands lacs et du Saint-Laurent. Les stations recouvrent le granite et le gneiss précambriens du Bouclier canadien. Les dépôts de surface, le climat et la pédologie ont été décrits par Pollard (1971, 1972), Weber (1985) et Weber et collab. (1987). Bref, les dépôts de surface sont constitués de sable uniformément fin, provenant de sédiments deltaïques ou de remblai de vallée abandonnés dans la vallée de l'Outaouais par les cours d'eau glaciaires et postglaciaires. L'épaisseur de ces dépôts varie de 10 à 30 m (Gadd, 1962), le profil des sols étant peu évolué.

Le climat est continental et varie localement de légèrement humide à humide (Hills, 1959). Les précipitations annuelles totalisent 822 mm, dont 612 sous forme de pluie, le reste sous forme de neige (Anonyme, 1982). Sur les 180 jours de la saison de croissance, 112 sont sans gel (Hills, 1959), les températures inférieures au point de congélation étant observées tous les mois sauf en juillet.

Dans cette région générale, on a choisi un secteur topographiquement uniforme, couvert d'un peuplement équienne de peupliers faux-trembles qui dominaient un élément mineur de peupliers à grandes dents (*Populus grandidentata* Michx.). Le peuplement avait été créé par un feu de friches très intense ($I = 17\,000\ kW/m^2$) survenu au printemps de 1964 (Van Wagner, 1965; Weber, 1987). Au début de l'expérience, en 1984, la densité du peuplement était d'environ 5 000 tiges de peupliers par hectare, d'une hauteur moyenne de 8 m (intervalle de 4 à 16 m) et d'un diamètre à hauteur de poitrine de 8 cm (intervalle de 3 à 13 cm). Les espèces dominantes du sous-étage étaient *Pteridium aqualinum* (L.) Kuhn, *Gaultheria procumbens* L., *Vaccinium angustifolium* Ait., *Kalmia angustifolia* L., *Oryzopsis asperilolia* Michx. et *Rhus radicans* L.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

On peut trouver la description détaillée des méthodes de terrain et de laboratoire décrite par Weber (1990a, 1990b). Toutefois, on donnera suffisamment de renseignements ci-dessous pour

permettre la reproduction utilisable des traitements prescrits. Tôt au printemps de 1984, cinq peuplements ont été choisis au hasard. L'un d'eux a été réservé pour servir de témoin, les quatre autres ont été traités comme suit : (1) coupe rase avant le débourrement; (2) coupe rase après le débourrement; (3) brûlage dirigé en surface avant le débourrement; (4) brûlage dirigé en surface après le débourrement. La dimension des placettes était de 50 m sur 50. Les conditions dans lesquelles s'est effectué le brûlage ainsi que les paramètres de comportement du feu (tableau 1) ont fait que la hauteur des flammes a été de 50 à 100 cm. La faible hauteur des flammes, la lenteur de la propagation ainsi que la largeur des pare-feu (2 m) aménagés au boutoir sur le périmètre des placettes ont permis de limiter les interventions à une simple patrouille du périmètre, sans nettoiement significatif de la zone incendiée.

Tableau 1. Conditions de combustion et paramètres du comportement du feu lors des jours du traitement

Paramètre	Feu	
	Avant le débourrement	Après le débourrement
Date	le 27 avril	le 4 juin
ICL[a]	89	92
IH	15	21
IS	32	52
IPI	10	14
ICD	15	21
IFM	13	19
Humidité relative (%)	28	28
Température de l'air (°C)	22	28
Vitesse du vent (km/h)	19	18
Humidité relative de la litière (%)	10	11
Consommation du carburant (kg/m^2)	0,4	0,6
Vitesse de propagation du feu (m/min)	2,4	3,0
Intensité du feu frontal (kW/m^2)	300	500

[a]Codes et indices des Tables de l'indice forêt-météo de la méthode canadienne (Service canadien des Forêts, 1984).
ICL - Indice du combustible léger; IH - Indice de l'humus; IS - Indice de sécheresse; IPI - Indice de propagation initiale; ICD - Indice du combustible disponible; IFM - Indice forêt-météo.

Parmi les paramètres mesurés avant et après les traitements, que ce soit directement sur le terrain ou par échantillonnage et analyse au laboratoire, on mentionnera : la composition du sol forestier (horizons L, F et H réunis) après l'incendie; la modification de la composition des éléments nutritifs et des oligo-éléments dans le sol forestier et le sol minéral (dans les 10 cm supérieurs) après le traitement; la hauteur des drageons, la surface terrière, le nombre de drageons à l'hectare, la biomasse et la teneur en éléments nutritifs; la production de broutilles pour l'hiver (pour les ongulés) et leur teneur en éléments nutritifs; le dépôt annuel de la litière; la respiration du sol. En outre, on a surveillé pendant trois saisons de croissance après le traitement les précipitations, la température à la surface du sol et l'humidité du sol de surface (dans les 10 cm supérieurs). L'échantillonnage, la réplication, la randomisation de même que les analyses statistiques sont décrits par Weber (1990a, 1990b).

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Répercussions sur les sols

Le brûlage antérieur au débourrement et le brûlage postérieur ont provoqué une réduction de 13 et de 19 %, respectivement, de la masse de l'horizon organique du sol forestier. Le taux supérieur, qui correspond au brûlage postérieur au débourrement, est dû aux conditions plus rigoureuses de l'indice forêt-météo dans lesquelles l'opération a été menée, relativement au brûlage antérieur au débourrement (tableau 1). La teneur en éléments nutritifs et en oligo-éléments (N, P, K, Ca, Mg, NH_4), dans le sol forestier, un mois après le brûlage ont reflété l'effet négatif des deux traitements : les pertes ont été plus élevées après le débourrement qu'avant sauf pour l'ammonium (NH_4), dont la concentration a augmenté dans chaque cas de traitement, notamment plus de 100 % (après le brûlage antérieur au débourrement) et de 50 % (après le brûlage postérieur au débourrement), tant dans le sol forestier que dans le sol minéral sous-jacent. Le phénomène revêt une importance particulière, l'azote assimilable sous cette forme se trouvant en quantité limitée dans ces couches sablonneuses profondes d'origine proglaciaire. Le feu a donc eu un effet positif sur l'ammonium du substrat de la station, signe que les conditions du milieu se sont mieux prêtées à la minéralisation de l'azote par les populations microbiennes. Un effet positif à court terme du feu sur l'azote du substrat a été signalé par d'autres auteurs (par exemple Christensen, 1973; Kovacic et collab., 1986), mais il ne devrait pas être considéré comme une réaction universelle de tous les écosystèmes à l'incendie (Wells, 1979). Le bilan des éléments nutritifs peut réagir de façon positive ou négative à l'incendie, selon les

divers paramètres du comportement du feu et selon les conditions locales comme la qualité et la quantité de matière organique, le micro-environnement, la latitude, l'altitude et les caractéristiques des populations de décomposeurs, pour ne citer que celles-là (Perala et Alban, 1982).

Dans le sol minéral sous-jacent, la modification du bilan des éléments nutritifs après l'incendie a reflété les conditions postérieures à l'incendie à la surface. Ainsi, l'incendie postérieur au débourrement, qui a calciné une proportion plus grande du sol forestier, a libéré davantage de cations dans le sol minéral sous-jacent que le brûlage antérieur au débourrement. De même, il a été suivi d'une augmentation de 137 % des concentrations d'ammonium dans le sol minéral, tandis qu'après le brûlage antérieur au débourrement on a observé une chute de 17 % par rapport aux teneurs antérieures au traitement (Weber, 1990a). Cet écart de la réaction du sol minéral à l'incendie pourrait être attribué vraisemlablement aux conditions plus favorables à l'activité microbienne qu'a assurées l'incendie postérieur au débourrement, conditions qui se sont traduites par une production plus intense d'ammonium. Ces meilleures conditions se sont manifestées par deux phénomènes. D'une part, dû ou lessivage des cendres, le sol s'est enrichi temporairement en éléments nutritifs; d'autre part, les régimes de la température et de l'humidité se sont améliorés. En outre, le brûlage postérieur au débourrement a tué sur le coup certains arbres en roussissant les feuilles, tandis que l'autre brûlage, peu intense, n'a pas tué immédiatement les feuilles, celles-ci étant toujours protégées sous la forme de bourgeons. Le brûlage postérieur au débourrement interrompt ou réduit donc pour une courte période l'assimilation des éléments nutritifs par la végétation tuée. Cette assimilation diminue temporairement l'accroissement de la teneur en éléments nutritifs dans le sol minéral, du moins dans le cas de l'ammonium, conditions également observées dans les écosystèmes à pins ponderosas (*Pinus ponderosa* Dougl.) de l'Arizona (Covington et Sackett, 1986) et dans les peupleraies du sud de l'Ontario (Smith et James, 1978).

Trois ans après les traitements, la teneur en éléments nutritifs dans le sol forestier et le sol minéral était encore largement comparable aux teneurs observées dans la station témoin. Les écarts statistiques entre les traitements, lorsqu'ils se sont présentés, étaient si petits qu'ils avaient peu de conséquences sur le plan biologique (Weber, 1990a), notamment lorsque l'on tient compte des fortes fluctuations des caractéristiques physico-chimiques du profil pédologique (Carter et Lowe, 1986; Quesnel et Lavkulich, 1980; Riha et collab., 1986).

Le retour rapide aux teneurs antérieures en éléments nutritifs montre la reconstitution de l'écosystème. Ce phénomène a été observé dans d'autres écosystèmes adaptés aux perturbations (Boerner, 1983; Covington et Sackett, 1986; Stock et Lewis, 1986; Vance et collab., 1983; Weber, 1987).

Répercussions sur la respiration du sol

La respiration du sol forestier, consécutivement aux traitements, est l'objet d'un article distinct sur des questions et des principes qui sortent du cadre du présent rapport (Weber, 1990b). Particulièrement intéressante pour la présente discussion est l'utilité des mesures de la respiration du sol forestier comme moyens d'évaluer l'effet de la manipulation de l'écosystème sur la productivité stationnelle (Gordon et collab., 1987; Schlentner et Van Cleve, 1985; Weber, 1985). La respiration du sol mesurée sur le terrain traduit le dégagement de CO_2 par la respiration microbienne, la microfaune, la rhizosphère et les racines. Elle révèle donc la vigueur métabolique générale du substrat et sert d'indice de comparaison pour divers régimes de traitement tels que la coupe et le brûlage.

Les résultats livrés par ce volet de l'étude ont confirmé l'observation faite auparavant que l'écosystème à peupliers est bien adapté aux perturbations périodiques. Un critère déterminant de l'évaluation de la stabilité de l'écosystème est la vitesse à laquelle les processus naturels reviennent à une intensité comparable à l'intensité d'origine (Holling, 1973). Le tableau 2 montre l'intensité de la respiration du sol (dégagement de CO_2) dans les stations traitées pendant trois saisons de croissance. Il faut absolument souligner que, dans toutes les stations, la respiration ne fut inférieure à celle de la station témoin que pendant deux saisons pour revenir à la normale ensuite.

Réaction du peuplier

La réaction du peuplier aux traitements a été tout à fait marquée (fig. 1). Les deux coupes ont

Tableau 2. Progression de la production du gaz carbonique en cas de cinq traitements pour trois saisons de croissance.

Traitements	Moyennes de la production de gaz carbonique ($mg/m^2/d \pm$ erreur type)		
	1984[1]	1985	1986
Brûlage avant le débourrement	4234±151 a	5115±199 a	4952±233 a
Brûlage après le débourrement	4426±198 ab	4886±154 ab	5033±213 a
Coupe avant le débourrement	4517±159 ab	4458±152 b	4738±217 a
Coupe après le débourrement	4589±196 ab	4539±147 b	4889±231 a
Témoin	4802±182 b	5335±252 a	4924±261 a

Note : Dans les colonnes verticales, les données suivies de la même lettre ne sont pas très différentes ($P<0,05$).
[1]Mesures prises après les traitements.

produit plus de drageons à l'hectare, d'une surface terrière et d'un accroissement en hauteur supérieurs à ceux qui ont été observés dans les stations brûlées. La coupe antérieure au débourrement (ou effectuée en tout moment au cours du repos végétatif) constitue le traitement optimal si l'objectif premier de l'aménagement est de favoriser le drageonnement (fig. 2). D'autre part, un brûlage de faible intensité avant le débourrement réduira la présence du peuplier à l'état de constituant mineur de la station. Notons que la densité des tiges dans la station témoin se situait autour de 5 000 tiges/ha. Le brûlage antérieur au débourrement l'a diminuée à moins de 2 000 drageons trois ans après le traitement, et il faut s'attendre à ce que la mortalité augmente au cours des ans. Les deux autres traitements ont donné des résultats intermédiaires : la coupe postérieure au traitement a donné significativement plus de drageons que le brûlage postérieur au débourrement. Dans la station témoin, le drageonnement a été nul. Après trois saisons de croissance, la biomasse foliaire et celle des tiges dans les stations traitées reflètent clairement, au même titre que la teneur en éléments nutritifs dans les tiges et les feuilles (tableau 3), l'intensité du drageonnement (fig. 3). Si l'on classe les traitements dans l'ordre décroissant de la productivité, nous avons : la coupe antérieure au débourrement > la coupe postérieure au débourrement > le brûlage postérieur au débourrement > le brûlage antérieur au débourrement. Si l'on veut une régénération vigoureuse du peuplier de même qu'une production estivale de broutille pour la faune, la solution la plus souhaitable est la coupe antérieure au débourrement.

Ces écarts dans la multiplication végétative et l'occupation des stations coïncident en tout point avec ce que l'on sait de la physiologie de l'essence. Ainsi, le drageonnement nul de la station témoin est un signe que la dominance apicale a complètement supprimé la multiplication végétative, à la faveur du transport des auxines vers le bas, de la cime aux racines (Farmer, 1962; Schier, 1975; Steneker, 1974). L'une des conditions nécessaires au drageonnement est donc la suppression de la dominance apicale. En même temps, les cytokinines, autre groupe d'hormones végétales, synthétisées à l'extrémité des racines, doivent s'accumuler dans ces dernières pour provoquer le drageonnement. La coupe des arbres ou la mort de ces derniers par un incendie de forte intensité supprime la dominance apicale et assure un rapport élevé de la concentration des cytokinines à l'auxine dans les racines, condition essentielle au drageonnement vigoureux (Winton, 1968; Wolter, 1968). Si la coupe suit le débourrement, les éléments nutritifs et l'énergie stockés au cours de l'hiver dans les racines ont été déjà été transportés vers le haut de la plante pour la production des feuilles. La coupe postérieure au débourrement produit un drageonnement moins vigoureux que la coupe antérieure au débourrement, alors que les réserves racinaires sont entièrement disponibles pour le drageonnement.

En tuant le cambium du pied des arbres (fig. 4), le brûlage en surface équivaut de fait à l'annélation, procédé qui s'est révélé le plus efficace pour l'élimination du peuplier, si l'on excepte les herbicides (Schier, 1981; Schier et Smith, 1979). Plusieurs raisons expliquent l'effet inhibant de l'annélation sur la régénération du peuplier : (1) le rapport des cytokinines à l'auxine ne parvient pas à être élevé dans le chevelu racinaire parce que, malgré l'arrêt de la descente de l'auxine dans le phloème, les cytokinines continuent à se transporter des racines vers le long de la tige par le xylème (Schier,

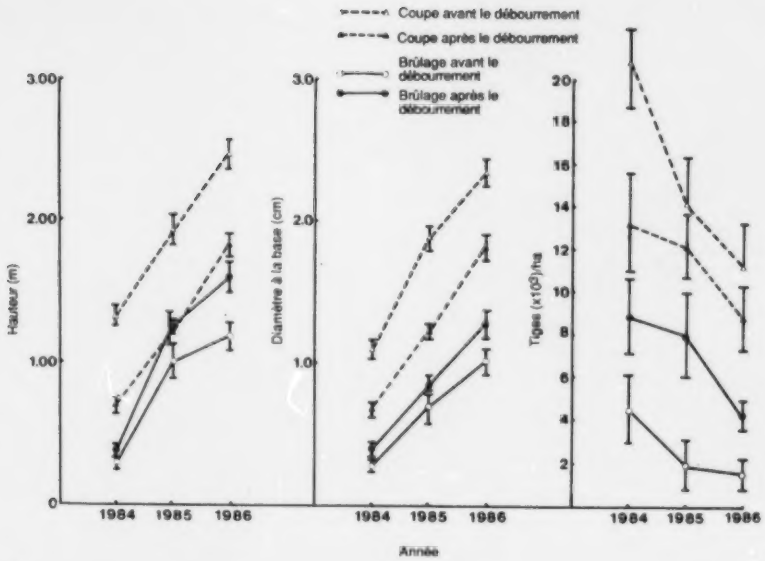

Figure 1. Hauteur des drageons de peuplier, diamètre à la base et nombre de tiges, en cas de traitement par coupe ou brûlage. Veuillez noter l'absence de drageons sur les terrains témoins (d'après Weber 1990a).

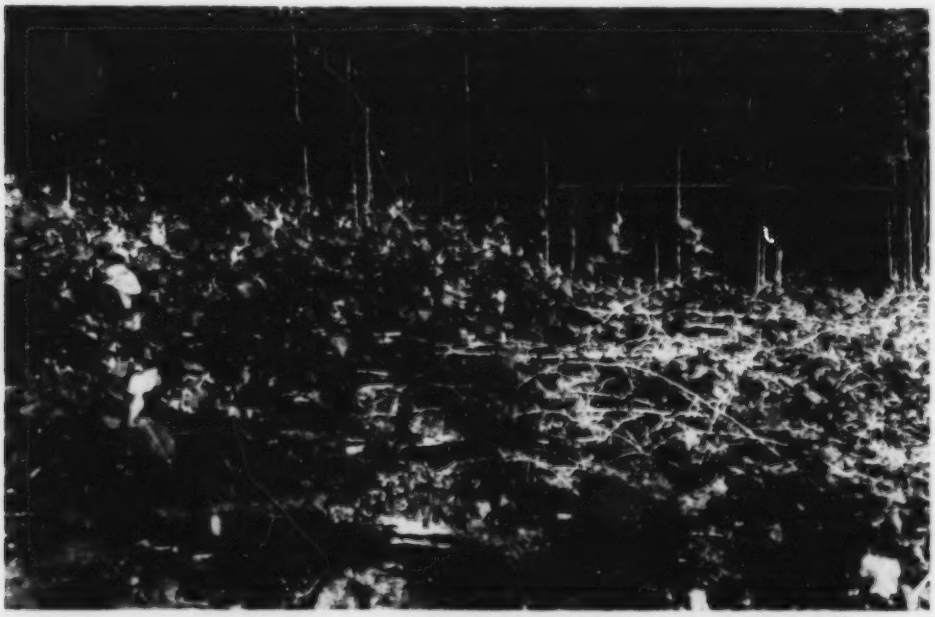

Figure 2. Développement des drageons sur les terrains où le traitement de coupe a été pratiqué lors de la première saison de croissance. La reproduction végétative est plus vigoureuse en cas de la coupe avant le débourrement (partie gauche) qu'en cas de la coupe après le débourrement (partie droite).

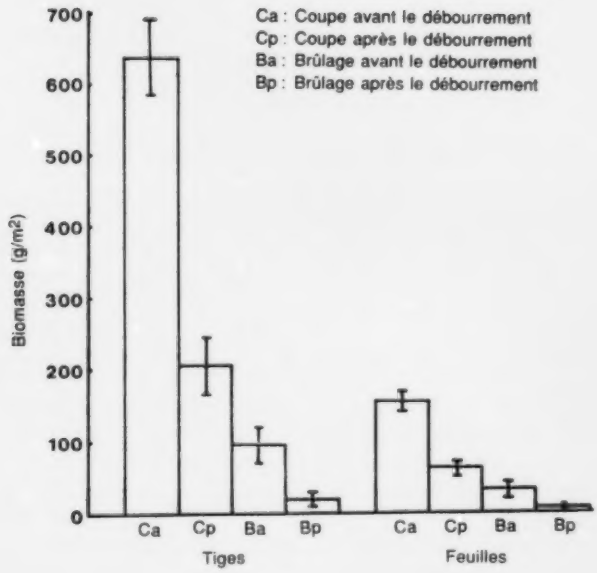

Figure 3. Tiges de drageons de peuplier et biomasse de feuilles après trois saisons de croissance sur les terrains traités par coupe et brûlage.

Tableau 3. Tiges de drageons et teneur en éléments nutritifs après trois saisons de croissance sur les terrains traités par coupe et brûlage.

Traitements	Masse d'éléments nutritifs (kg/ha ± erreur type)					
	N	P	K	Ca	Mg	Fe
			Feuilles			
Brûlage avant le débourrement	1,1±0,0[a]	0,2±0,0[a]	0,7±0,2[a]	0,7±0,1[a]	0,1±0,0[a]	t[1a]
Brûlage après le débourrement	6,9±0,3[b]	1,1±0,1[b]	3,3±0,2[b]	4,8±0,4[b]	0,6±0,1[b]	0,02±0,001[b]
Coupe avant le débourrement	35,2±0,1[c]	3,8±0,1[c]	15,8±0,5[c]	15,1±0,5[c]	3,0±0,1[c]	0,06±0,02[c]
Coupe après le débourrement	13,2±0,5[d]	1,8±0,2[d]	5,4±0,4[d]	9,3±0,6[d]	1,2±0,1[d]	0,03±0,001[d]
			Tiges			
Brûlage avant le débourrement	1,8±0,5[a]	0,3±0,1[a]	1,0±0,3[a]	1,7±0,4[a]	0,2±0,0[a]	t[a]
Brûlage après le débourrement	6,1±0,3[b]	1,1±0,1[b]	3,1±0,1[a]	6,0±0,2[b]	0,8±0,0[b]	0,01±0,001[b]
Coupe avant le débourrement	29,9±1,0[c]	4,7±0,2[c]	22,3±1,1[b]	30,9±1,1[c]	4,3±0,1[c]	0,08±0,002[c]
Coupe après le débourrement	12,9±0,8[d]	2,1±0,1[d]	6,5±0,5[c]	13,9±0,9[d]	1,5±0,1[d]	0,03±0,001[d]

Note : Dans les colonnes verticales, les données suivies de la même lettre ne sont pas très différentes ($P<0,05$).
[1]trace.

Figure 4. Noircissement du cambium (flèche) sur une des parcelles brûlées, manifesté pendant la première saison de croissance après le brûlage. Ce noircissement signifie aussi la mort imminente de l'arbre. Le feuillage de l'étage supérieur paraît encore sain.

1976); (2) les arbres soumis au brûlage ont survécu pendant encore deux saisons de croissance avant de finalement succomber, d'où le dépérissement des racines qui cessent d'être alimentées par les produits de la photosynthèse tout en étant vidées de leurs réserves; (3) la bonne croissance des drageons, après le début du drageonnement, dépend d'une bon éclairage, auquel nuit l'ombre jetée par les arbres annelés (Schier et collab., 1985; Steneker, 1974). Le drageonnement consécutif au brûlage postérieur au débourrement, un peu meilleur à celui qui suit le brûlage antérieur au débourrement, est probablement dû au roussissement des feuilles et à la mort immédiate de quelques arbres, qui le favorisent.

Dépôt de la litière

Le phénomène constitue une autre mesure de la réaction des faux-trembles aux traitements. Le tableau 4 montre très bien la belle croissance consécutive aux coupes, d'une part, et la dégradation des peuplements soumis au brûlage, d'autre part. Pendant les deux saisons de croissance postérieures aux brûlages, la production de la litière a été comparable à celle de la station témoin. De la deuxième à la troisième saison, toutefois, la mortalité des arbres était passée de 50 à 100 %, tandis que la dégradation du peuplement (fig. 5a, b) est montrée par le dépôt considérablement accru de la masse de la litière dans les stations brûlées comparativement à la station témoin. Les fluctuations annuelles du dépôt de la litière déterminée sur les parcelles témoins montrent que les phénomènes naturels tels que les fluctuations climatiques annuelles, les manifestations aléatoires (par exemple les tempêtes), les modifications dans la composition de la végétation et la phénologie superposent leurs effets à ceux des traitements (Fyles et collab., 1986; Lousier et Parkinson, 1976). Dans les stations coupées, le dépôt après trois ans est significativement plus petit que dans les stations brûlées et il est presque exclusivement constitué du feuillage de l'année des drageons, dont la production était bien plus forte dans la station coupée avant le débourrement que dans la station coupée après.

Tableau 4. Évolution de la masse de dépôt de la litière (kg/ha).

Traitement	Masse totale de litière (kg/ha)			
	1985	1986	1987	Totale (des trois ans)
Brûlage avant le débourrement	3094	4176	14 123	21 393
Brûlage après le débourrement	2845	3831	22 794	29 470
Coupe avant le débourrement*	1282	848	892	3022
Coupe après le débourrement*	299	847	616	1762
Témoin	3470	4191	2521	10 182

*La litière est composée presque uniquement de feuilles de drageons.

Figure 5a. À la fin de la deuxième saison de croissance après le brûlage, la dégradation du peuplement est bien engagée. La plus grande partie de la matière morte ne jonche pas encore le sol.

Figure 5b. À la fin de la troisième saison de croissance, après la chute du couvert résiduel, tout ce dernier jonche le sol. Il n'y a presque pas de drageonnement.

Effets sur la faune

Le premier hiver après la coupe, du moins, les drageons ont été abroutis par l'orignal ou le cerf. Afin de mesurer la quantité et la qualité des brouts disponibles l'hiver pour ces ongulés, on a effectué un échantillonnage intensif des parcelles brûlées et coupées, le troisième hiver après les traitements (Weber, 1990c). Le tableau 5 donne les teneurs hivernales d'éléments nutritifs dans la broutille, ainsi que la masse de ces substances dans la broutille dont le diamètre est inférieur à 4 mm. L'intervalle de 1 à 4 mm représente l'aliment préféré des ongulés (D. Keppi, Université du Nouveau-Brunswick, communication privée). Le tableau 5 omet le brûlage antérieur au débourrement, en raison de l'absence presque complète de drageons consécutive à ce traitement, ce qui a rebuté la prospection de nourriture par les animaux. La qualité nutritive des brouts, l'hiver, selon la concentration de ces substances, n'a pas varié considérablement selon le traitement, contrairement à la masse des éléments nutritifs consommables par abroutissement (tableau 5), qui a suivi la même évolution que la production estivale de la biomasse foliaire. La biomasse totale des brouts a été de 395,1; 125,9 et 96,0 kg/ha pour ce qui est de la coupe antérieure au débourrement, de la coupe postérieure au débourrement ainsi que du brûlage postérieur à ce dernier, respectivement. La coupe antérieure au débourrement devrait donc être le traitement retenu pour la production de brouts pour l'hiver si ce parti d'aménagement revêt de l'importance.

Le drageonnement réduit sur les parcelles brûlées ne signifie pas nécessairement que le traitement est négatif pour la faune. Le dégagement du peuplement en vertu de la mortalité de l'étage dominant peut être souhaitable si l'on veut favoriser la croissance des graminées et des herbes à feuilles larges, comme source d'aliments d'été pour les ongulés (DeByle, 1985). Comme on a mentionné plus tôt, un feu intense, dirigé ou bien un feu de friches, peut donner les mêmes résultats que la coupe rase du peuplier, c'est-à-dire un drageonnement à profusion.

Le peuplier constitue le couvert forestier le plus souvent aménagé en faveur du gros gibier en Amérique du Nord (Basile, 1979, Berg et Watt, 1986). Lorsque l'on se sert du feu pour maintenir l'habitat faunique, il importe de tenir compte de la fréquence de l'opération dès la planification parce que les effets bénéfiques du feu sur la broutille sont transitoires (DeByle et collab., 1989). Il est donc obligatoire de répéter périodiquement l'opération. L'aménagiste devra donc, en répétant le brûlage dirigé, choisir l'équilibre entre les exigences alimentaires des effectifs fauniques et la capacité de la végétation de fournir cette nourriture. Par exemple, Quintilio et collab. (1989) ont signalé que le brûlage d'une peupleraie moins de six ans après un premier brûlage élimine essentiellement l'essence de la station. Le caractère souhaitable de cette conséquence doit être déterminé par l'aménagiste dans le contexte des lignes directrices opérationnelles en vigueur. De façon idéale, il faudrait qu'il y ait sur une superficie suffisante une gamme de classes d'âge et de densités de peuplement pour fournir le dosage de ressources autorisant une utilisation l'année durant.

Tableau 5. Teneur en éléments nutritifs des rameaux et masse, en cas de trois traitements

Éléments nutritifs	Concentration (% ± erreur type)			Masse d'éléments nutritifs (kg/ha ± erreur type)[1]		
	Coupe avant le débourrement	Coupe après le débourrement	Brûlage après le débourrement[2]	Coupe avant le débourrement	Coupe après le débourrement	Brûlage après le débourrement[2]
N	1,20±0,08	1,45±0,15	1,35	4,8±1,1	1,5±0,6	1,3
P	0,17±0,01	0,22±0,02	0,21	0,7±0,2	0,2±0,1	0,2
K	0,63±0,01	0,56±0,02	0,51	2,5±0,6	0,7±0,4	0,5
Ca	0,83±0,01	0,98±0,08	0,90	3,3±0,8	1,3±0,6	0,9
Mg	0,15±0,01	0,17±0,01	0,16	0,6±0,1	0,2±0,1	0,2
Fe	26,8±1,65[3]	32,0±4,49[3]	27,0[3]	0,8±0,3	0,3±0,1	0,3

[1] Rameaux dont le diamètre est inférieur à 4 mm.
[2] Échantillons insuffisants pour la calculation de l'erreur type.
[3] ppm.

SYNOPSIS

Dans la présente étude, on a appliqué les connaissances actuelles de l'écologie et de la physiologie des peupliers à la démonstration expérimentale de la façon d'atteindre plusieurs buts d'aménagement par le choix du moment de l'intervention. En utilisant des méthodes répandues d'aménagement forestier telles que la coupe et le brûlage et en choisissant le moment par rapport au débourrement, on peut atteindre des objectifs diamétralement opposés. Ainsi l'aménagiste peut satisfaire à toute la gamme des exigences opérationnelles de ses clients, qui vont de la régénération vigoureuse des peupliers à l'élimination de l'essence de la station. Compte tenu de la réaction physiologique universelle de l'essence aux diverses causes de perturbation, les résultats signalés ici sont probablement applicables à toute l'aire de répartition de l'essence.

Les processus naturels examinés montrent que les peupleraies sont remarquablement résistantes et que, si l'on se fie aux processus déterminants, l'intensité de ces derniers revient au niveau où ils étaient avant les traitements, On peut présumer que les écosystèmes à peupliers puissent être assujettis à des traitements périodiques si ces derniers sont convenablement espacés dans le temps.

REMERCIEMENTS

L'auteur désire remercier les personnes suivantes qui lui ont aidé aux diverses étapes de l'étude : J.W. Bell qui a surveillé tout le travail de terrain et toute la préparation des échantillons; G. Yakabuskie et son équipe qui ont effectué les brûlages expérimentaux et qui se sont assurés de l'extinction de tous les feux; M.R. Coyea, D.J. Walker et W.G. Murray fils qui, au cours des ans, ont apporté leur aide au travail de terrain et ont mis les données en mémoire pour les analyses. Feu D.J. McKenna m'a prodigué une aide précieuse dans l'analyse statistique des données et A.C. Yapa a assuré la révision durant toutes les étapes de la publication. D. Quintilio, P.C. Ward et C.A. White ont considérablement amélioré les premières ébauches du manuscrit.

AUTEURS CITÉS

Anonyme. 1982. Canadian Climate normals. Atmospheric Environment Service, Environment Canada, Canadian Climate Program.

Basile, J.V. 1979. Elk-aspen relationships on a prescribed burn. USDA Forest Serv. Res. Note INT-271.

Berg, W.E.; Watt, P.G. 1986. Prescribed burning for wildlife in northwestern Minnesota. Pages 158-162 *in* Koonce, A.L. ed. Prescribed burning in the midwest: state-of-the-art. Proc. Symp. March 3-6, Stevens Point, Wisconsin, College of Natural Resources.

Boerner, R.E.J. 1983. Nutrient dynamics of vegetation and detritus following two intensities of fire in the New Jersey pine barrens. Oecologia 59:129-134.

Carter, R.E.; Lowe, L.E. 1986. Lateral Variability of forest floor properties under second-growth Douglas-fir stands and the usefulness of composite sampling techniques. Can. J. For. Res. 16:1128-1132.

Christensen, N.L. 1973. Fire and the nitrogen cycle in California chapparal. Science 181:66-68.

Covington, W.W.; Sackett, S.S. 1986. Effect of periodic burning on soil nitrogen concentrations in ponderosa pine. Soil Sci. Soc. Am. J. 50:452-457.

DeByle, N.V. 1985. Wildlife. *In* DeByle, N.V.; Winokur, R.P. eds. Aspen: ecology and management in the western United States. USDA Forest Serv. Gen. Tech. Rep. RM-119.

DeByle, N.V.; Wilnokur, R.P. 1985. Aspen: ecology and management in the western United States. USDA Forest Serv. Gen. Tech. Rep. RM-119.

DeByle, N.V.; Urness, P.J.; Blank, D.L. 1989. Forage quality in burned and unburned aspen communities. USDA Forest Serv. Res. Paper INT-404.

Farmer, R.E., Jr. 1962. Aspen root sucker formation and apical dominance. Forest Sci. 8:403-410.

Fyles, J.W.; La Roi, G.H.; Ellis, R.A. 1986,.Litter production in *Pinus banksiana*-dominated stands in northern Alberta. Can. J. For. Res. 16:772-777.

Gadd, N.R. 1962. Surficial geology - Chalk River. Descriptive notes. Marginal notes to Map 1132A, Geol. Surv. Comm. Ottawa, Ont.

Gordon, A.M.; Schlentner, R.E.; Van Cleve, K. 1987. Seasonal patterns of soil respiration and CO_2 evolution following harvesting in the white spruce forests of interior Alaska. Can. J. For. Res. 17:304-310.

Hills, G.A. 1959. A ready reference to the description of the land of Ontario and its productivity. Ont. Dep. Lands and For. Div. of Res.

Holling, C.S. 1973. Resilience and stability of ecological systems. Ann. Rev. Ecol. Syst. 4:1-23.

Kovacic, D.A.; Swift, D.M.; Ellis, J.E.; Hakonson, T.E. 1986. Immediate effects of prescribed burning on mineral soil nitrogen in ponderosa pine of New Mexico. Soil Sci. 141:71-76.

Lousier, J.D.; Parkinson, D. 1976. Litter decomposition in a cool temperate deciduous forest. Can. J. Bot. 54:419-436.

Perala, D.A.; Alban, D.H. 1982. Biomass, nutrient distribution and litterfall in *Populus*, *Pinus*, and *Picea* stands on two different soils in Minnesota. Plant Soil 64:177-192.

Pollard, D.F.W. 1971. Mortality and annual changes in distribution of above-ground biomass in an aspen sucker stand. Can. J. For. Res. 12:262-266.

Pollard, D.F.W. 1972. Above-ground dry matter production in three stands of trembling aspen. Can. J. For. Res. 2:27-33.

Quesnel, H.J.; Lavkulich, L.M. 1980. Nutrient variability of forest floors near Port Hardy, British Columbia, Canada. Can. J. Soil Sci. 60:565-573.

Quintilio, D.; Alexander, M.E.; Ponto, R.L. 1990. Spring fires in a semi-mature trembling aspen stand, central Alberta. For. Can. Inf. Rep. En préparation.

Riha, S.J.; James, B.R.; Senesac, G.P.; Pallant, E. 1986. Spatial variability of soil pH and organic matter in forest plantations. Soil Sci. Soc. Am. J. 50:1347-1352.

Rowe, J.S. 1972. Forest regions of Canada. Can. For. Serv. Publ. No. 1300.

Schier, G.A. 1975. Promotion of sucker development on *Populus tremuloides* root cuttings by an antiauxin. Can. J. For. Res. 2:338-340.

Schier, G.A. 1976. Physiological and environmental factors controlling vegetative regeneration of aspen. USDA Forest Serv. Gen. Tech. Rep. RM-29.

Schier, G.A. 1981. Aspen renegeration. Pages 15-21 *in* Proc. Symp. Situation management of two Intermountain species: aspen and coyotes. Vol. 1. Aspen. Utah State Univ., Logan.

Schier, G.A.; Smith, A.D. 1979. Sucker regeneration in a Utah aspen clone after clearcutting, partial cutting, scarification, and girdling. USDA Forest Serv. Res. Note INT-253.

Schier, G.A.; Sheppard, W.D.; Jones, J.R. 1985. Regeneration. Pages 29-33 *in* DeByle, N.V.; Winokur, R.P., eds. Aspen: ecology and management in the western United States. USDA Forest Serv. Gen. Tech. Rep. RM-119.

Schlentner, R.E.; Van Cleve, K. 1985. Relationships between CO_2 evolution from soil, substrate temperature, and substrate moisture in four mature forest types in interior Alaska. Can. J. For. Res. 15:97-106.

Service canadien des forêts. 1984. Tables de l'Indice Forêt-Météo de la méthode canadienne. Environ. Can., Serv. can. for. Rapp. techn. 25F.

Smith, D.W.; James, T.D. 1978. Characteristics of prescribed burns and resultant short-term environmental changes in *Populus tremuloides* woodland in southern Ontario. Can. J. Bot. 56:1782-1791.

Steneker, G.A. 1974. Factors affecting the suckering of trembling aspen. For. Chron. 50:32-34.

Stock, W.D.; Lewis, O.A.M. 1986. Soil nitrogen and the role of fire as a mineralizing agent in a South African coastal fynbos ecosystem. J. Ecol. 74:317-328.

Vance, E.D.; Henderson, G.S.; Blevins, D.G. 1983. Non-symbiotic nitrogen fixation in an oak-hickory forest following long-term prescribed burning. Soil. Soc. Am. J. 47:134-137.

Van Wagner, C.E. 1965. Story of an intense crown fire at Petawawa. Woodlands Rev. Sec. Pulp Pap. Mag. Can. June 1965.

Weber, M.G. 1985. Forest soil respiration in eastern Ontario jack pine ecosystems. Can. J. For. Res. 15:1069-1073.

Weber, M.G. 1987. Decomposition, litterfall, and forest floor nutrient dynamics in relation to fire in eastern Ontario jack pine ecosystems. Can. J. For. Res. 17:1496-1506.

Weber, M.G. 1990a. Response of immature aspen ecosystems to cutting and burning in relation to vernal leaf flush. For. Ecol. Manage. 31:15-33.

Weber, M.G. 1990b. Forest soil respiration after cutting and burning in immature aspen ecosystems. For. Ecol. Manage. 31:1-15.

Weber, M.G. 1990c. The effect of cutting and burning on winter browse production in eastern Canadian *Populus tremuloides* Michx. ecosystems, In: Symp. Proc. Internatl. Conf. Forest Fire Res., Coimbra, Portugal, Nov. 19-22, 1990. En préparation.

Weber, M.G.; Hummel, M.; Van Wagner, C.E. 1987. Selected parameters of fire behavior and *Pinus banksiana* Lamb. regeneration in eastern Ontario. For. Chron. 63:340-346.

Wells, C.G.; Campbell, R.E.; DeBano, L.F.; Lewis, C.E.; Fredriksen, R.L.; Franklin, E.C.; Froelick, R.C.; Dunn, P.H. Effects of fire on soil. A state-of-

knowledge review. USDA Forest Serv. Gen. Tech. Rep. WO-7.

Winton, L.L. 1968. Plantlets from aspen tissue cultures. Science 160:1234-1235.

Wolter, K.E. 1968. Root and shoot initiation in aspen callus cultures. Nature 219:509-510.